

57

Int. Cl. 3:

G 02 B 7/26

19 BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 29 16 999 A 1

11

# Offenlegungsschrift

29 16 999

21

Aktenzeichen:

P 29 16 999.1

22

Anmeldetag:

28. 4. 79

43

Offenlegungstag:

6. 11. 80

30

Unionspriorität:

32 33 31

54

Bezeichnung:

Ein-Auskoppler für Multimode-Lichtleitfasern

71

Anmelder:

Siemens AG, 1000 Berlin und 8000 München

72

Erfinder:

Witte, Hans-Hermann, Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München

DE 29 16 999 A 1

Patentansprüche:

- ①. Ein-Auskoppler in Planartechnik für Multimode-Lichtleitfasern, bei dem die Verbindung zwischen zwei  
5 ausgangsseitigen Mantelfasern und mindestens einer  
eingangsseitigen Mantelfaser durch ein Verbindungselement erfolgt, das zumindest teilweise aus einem planaren Wellenleiter besteht, und bei dem die Stirnflächen  
des Verbindungselementes an Koppelstellen stumpf an  
10 die Stirnflächen der Mantelfasern anstoßen, dadurch  
g e k e n n z e i c h n e t , daß die Höhe und die maximale Breite des Wellenleiters (4) im Bereich einer  
Koppelstelle (S, T, U) annähernd gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern (1, 2, 3) sind und daß sich die  
15 Stirnflächen des Verbindungselementes mit den entsprechenden Kernflächen der Mantelfasern (1, 2, 3) optimal überlappen.
2. Ein-Auskoppler nach Anspruch 1, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß die Mantelfasern (1, 2, 3) um  
20 ihre Mantelstärke relativ zum Verbindungselement abgesenkt sind.
3. Ein-Auskoppler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch g e k e n n z e i c h n e t , daß ein Teil des Wellenleiters  
25 (4) durch eine Glasfaser (9) ersetzbar ist.

030045/0317

ORIGINAL INSPECTED

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA

79 P 7 0 5 8 BRD

Ein-Auskoppler für Multimode-Lichtleitfasern.

Die Erfindung betrifft einen Ein-Auskoppler in Planar-  
technik für Multimode-Lichtleitfasern, bei dem die  
5 Verbindung zwischen zwei ausgangsseitigen Mantelfasern  
und mindestens einer eingangsseitigen Mantelfaser durch  
ein Verbindungselement erfolgt, das zumindest teilweise  
aus einem planaren Wellenleiter besteht, und bei dem die  
Stirnflächen des Verbindungselementes an Koppelstellen  
10 stumpf an die Stirnflächen der Mantelfasern anstoßen.

Ein derartiger Ein-Auskoppler ist beispielsweise aus  
der DE-OS 26 09 134 oder der DE-OS 26 25 855 bekannt.  
Die Höhe und die maximale Breite der verwendeten Wellen-  
15 leiter sind dabei gleich dem Gesamtdurchmesser der  
Mantelfaser oder zumindest gleich dem Kerndurchmesser  
dieser Faser plus der Mantelstärke. Gleichzeitig lie-  
gen die Grundflächen der Mantelfasern und des Wellen-  
leiters in einer Ebene. Mantelfasern und Wellenleiter  
20 liegen auf einem Substrat auf. Bei dieser Anordnung

Gd1 1 Bla / 19.3.1979

030045/0317

- wird eingangsseitig verlustfrei in das Verbindungselement eingekoppelt - zumindest was die geometrisch bedingten Einfügeverluste betrifft -, ausgangsseitig wird aber mit wachsender Mantelstärke ein zunehmender Teil  
5 des Lichtes aus dem Verbindungselement in den oder die Mäntel der ausgangsseitigen Mantelfasern übergekoppelt. Dieser Teil ist für die weitere Übertragung praktisch verloren.
- 10 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei einem Ein-Auskoppler der eingangs genannten Art die geometrisch bedingten Einfügeverluste auf einfache Art und Weise weiter zu verringern und damit den Einsatzbereich dieser Koppler zu erweitern.
- 15 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Höhe und die maximale Gesamtbreite des Wellenleiters im Bereich einer Koppelstelle annähernd gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern sind und daß sich die Stirn-  
20 flächen des Verbindungselementes mit den entsprechenden Kernflächen der Mantelfasern optimal überlappen. In die verkleinerte Fläche des Wellenleiters wird eingangsseitig weiterhin ohne geometrisch bedingte Einfügeverluste eingekoppelt. Ausgangsseitig hingegen werden die Flä-  
25 chen des Wellenleiters, die sich mit den Mantelflächen der ausgangsseitigen Mantelfasern überlappen, stark reduziert. Gleichmaßen werden auch die Einfügeverluste geringer.
- 30 Von entscheidender Bedeutung für die Verringerung der Einfügeverluste ist neben der Verkleinerung der Querschnittsfläche des Wellenleiters die optimale Anpassung der Flächen an den Koppelstellen. Im Hinblick auf  
35 es sich, daß die Mantelfasern um ihre Mantelstärke rela-

tiv zum Verbindungselement abgesenkt sind. Durch diese Maßnahme wird erreicht, daß die Achsen der Mantelfasern und des Verbindungselementes in einer Ebene liegen. Verwendet man beispielsweise als Trägersubstrat für den Koppler Silizium, so lassen sich entsprechende Nuten zur Aufnahme der einzelnen Mantelfasern besonders einfach durch Vorzugsätzen herstellen. Mit dieser Technik lassen sich Gräben unterschiedlicher Breite und Tiefe sehr genau erzeugen. Ebenso ist es möglich, den Wellenleiter durch Unterlegen einer geeigneten Folie um die Mantelstärke der Mantelfasern anzuheben.

Um die Verluste im planaren Wellenleiter möglichst klein zu halten, sollte die numerische Apertur des Wellenleiter-Materials zumindest nicht kleiner sein als die der Faser. Je größer sie ist, umso kleiner sind die Verluste. Das Material des planaren Wellenleiters soll im optischen, besonders jedoch im infraroten Bereich möglichst transparent sein. Es kann z.B. aus alterungsbeständigem Kunststoff oder aus Glas bestehen.

Wie sich allein aus entsprechenden geometrischen Überlegungen, wie sie bereits in der DE-OS 26 25 655 angegeben sind, ableiten läßt, sind die geometrisch bedingten Einfügeverluste bei einer 3 dB-Leistungsteilung mit etwa 4% am geringsten. Sie steigen zu niedrigeren Auskopplungen an. Der erfindungsgemäße Ein-Auskoppler eignet sich daher besonders für hohe Auskopplungen.

Wird als Verbindungselement ausschließlich ein planarer Wellenleiter verwendet, so besteht eine einfache Möglichkeit zur Herstellung in fotolithografischen Verfahren. Da der Wellenleiter überall die gleiche Faser aufweist, kann er in einem Arbeitsschritt hergestellt werden.

den. Dazu wird eine entsprechende lichtempfindliche Kunststoffolie, z.B. eine Folie auf Ristocytin-Basis (Riston-Folie), durch eine der gewünschten Wellenleiterform entsprechende Maske belichtet. Unter Umständen

5 kann es dabei wegen mangelhaften Auflösungsvermögens des Materials im Bereich des Zwickels, d.h. in dem Bereich, an dem sich der Wellenleiter aufspaltet in einen Teil, der zu der weiterführenden Mantelfaser geht und in einen Teil, der zu der auskoppelnden Mantelfaser abzweigt, dazu kommen, daß die gewollte scharfe Spitze

10 verrundet und damit zu zusätzlichen Abstrahlungsverlusten Anlaß gibt. Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung sieht daher vor, daß ein Teil des planaren Wellenleiters durch eine Glasfaser ersetzbar ist. Der Wellen-

15 leiter verringert dann entsprechend dem gewünschten Auskoppelverhältnis an einer Stelle sprunghaft seine Breite. An der so entstehenden Kante wird die Glasfaser angesetzt.

20 Der erfindungsgemäße Koppler ist nicht auf einen Abzweig beschränkt, bei dem das Licht von einer ankommenden Faser zu einer weiterführenden Faser und zusätzlich zu einem Abzweig gekoppelt wird, sondern er eignet sich ebenso für eine erweiterte Ein-Auskoppel-Struktur, bei

25 der neben der ankommenden Faser eine zusätzliche Einkoppelfaser vorgesehen ist, deren Licht über einen weiteren Wellenleiter beispielsweise in die weiterführende Faser eingekoppelt werden kann.

30 Ein weiterer Vorteil dieser Koppler besteht darin, daß der Ein- und Auskoppelfaktor unabhängig voneinander vorgegeben werden kann.

Im folgenden werden anhand von sechs Figuren drei Ausführungsbeispiele der Erfindung näher beschrieben und er-

35

79 P 7 03 8 BRD

läutert.

Dabei zeigt Fig.1 einen Koppler mit einer ankommenden, einer weiterführenden, einer Auskoppelfaser und einem Verbindungselement, das ausschließlich aus einem planaren Wellenleiter besteht.

Fig.2 zeigt einen nicht maßstabgetreuen Längsschnitt durch die Fig.1 entlang der Linie A-B.

10

Fig.3 zeigt Querschnitte durch den Koppler gemäß Fig.1 an den Stellen S, T und U.

Fig.4 zeigt die Transmissionskoeffizienten zwischen den einzelnen Mantelfasern und die geometrisch bedingten Einfügeverluste für einen Koppler gemäß der Fig.1.

15

Fig.5 zeigt einen Koppler, bei dem im Verbindungselement ein Teil des planaren Wellenleiters durch eine Glasfaser ersetzt ist.

20

Fig.6 zeigt die Erweiterung des Kopplers gemäß der Fig.1 zu einer Ein-Auskoppel-Struktur.

Die Fig.1 zeigt in Draufsicht ein erstes Ausführungsbeispiel eines Ein-Auskopplers. Eine erste Lichtleitfaser 1 stößt an einer Koppelstelle 3 gegen einen planaren Wellenleiter 4, über dem eine weiterführende Faser 2 und eine Auskoppelfaser 5 angekoppelt sind. Die Lichtleitfasern 1, 2 und 3 sind Mantelfasern mit relativ dickem Mantel 1', 2' sowie 3'. Der Wellenleiter 4 besteht aus einem transparenten, abstrahlungsfähigen Kunststoff.

30

35

Der dargestellte Koppler ist auf einem Substrat (nicht dargestellt) angeordnet. Zur Lagefixierung der Mantelfasern 1, 2 und 3 auf dem Substrat dienen Anschläge 5 bzw. 6. Anstelle dieser Anschläge können auch Führungsgräben in das Substrat geätzt sein. An der Koppelstelle S weist der Wellenleiter 4 einen quadratischen Querschnitt mit einer Kantenlänge auf, die gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfaser 1 ist. Je nach der gewünschten Auskopplung spaltet sich der Wellenleiter 4 in einen Teil 4a und einen Teil 4b auf. Der Teil 4a führt zur weiterführenden Mantelfaser 2, der Teil 4b zur abzweigenden Faser 3.

Fig.2 zeigt einen Längsschnitt durch den Koppler entlang der Linie A-B. Zusätzlich ist das Substrat 7 angedeutet, das beispielsweise aus Glas oder Kunststoff bestehen kann. Auf diesem Substrat liegen die ankommende Mantelfaser 1 und die weiterführende Faser 2. Zwischen beiden befindet sich der Wellenleiter 4. Damit die geometrischen Einfügeverluste möglichst klein sind, muß der Wellenleiter um die Manteldicke der Mantelfasern relativ zu diesen angehoben werden. Dies geschieht im vorliegenden Fall durch Unterlegen einer Folie 8.

In Fig.3 sind im Querschnitt die Koppelstellen S, T und U zwischen dem planaren Wellenleiter 4 und den Mantelfasern 1, 2 und 3 dargestellt. Fig.3a zeigt dabei den Querschnitt durch die Koppelstelle S zwischen der eingangsseitigen Mantelfaser 1 und dem Wellenleiter 4. Wie dieser Fig.3a zu entnehmen ist, ist die quadratische Querschnittsfläche des Wellenleiters 4 genau so groß und nur so groß gewählt worden, daß sämtliches Licht aus dem Kern der Mantelfaser 1 ohne geometrisch bedingte Einfügeverluste in den Wellenleiter 4 eingekoppelt wird. Die Flächen  $F_a$  bzw.  $F_b$  geben die Anteile des Lichtes an, die zur

weiterführenden Faser 2 bzw. zur abzweigenden Faser 3 geleitet werden. Mit  $a$  ist die Breite des Wellenleiters 4a zur weiterführenden Mantelfaser 2 bezeichnet. Zur besseren Kenntlichmachung sind die Flächen  $F_a$  und  $F_b$  durchgehend schraffiert. Die Fig. 3b zeigt entsprechend den Querschnitt an der Koppelstelle T zwischen der weiterführenden Faser 2 und dem Wellenleiter 4a. Die Fig. 3c zeigt entsprechend den Querschnitt an der Koppelstelle U zwischen der abzweigenden Mantelfaser 3 und dem Wellenleiter 4b. Wie man diesen Fig. 3b und 3c entnehmen kann, sind die Wellenleiter 4a bzw. 4b zu den Mantelfasern 2 bzw. 3 so ausgerichtet, daß sich die Querschnittsflächen dieser Wellenleiter mit den Kernflächen der Mantelfasern optimal überlappen. Anders ausgedrückt kann man auch sagen, die Wellenleiter stoßen derart auf die Mantelfasern, daß ihre Achsen fluchten. Als Achse der Wellenleiter ist dabei die Verbindungslinie zwischen den Schnittpunkten der Querschnittsdiagonalen gemeint.

Wie man den Fig. 3b und 3c weiterhin deutlich entnehmen kann, wird durch die erfindungsgemäße Größe der Querschnittsfläche der Wellenleiter und durch den relativen Höhenausgleich erreicht, daß nur noch sehr wenig Licht aus den Wellenleitern in die Mäntel der weiterführenden und der abzweigenden Fasern übergekoppelt wird. Die Einfügeverluste an diesen Koppelstellen sind damit stark reduziert worden.

Fig. 4 zeigt die geometrischen Transmissions-Koeffizienten von der ankommenden Faser 1 zur weiterführenden Faser 2,  $\eta_{12}$  sowie von der ankommenden Faser 1 zur abzweigenden Faser 3,  $\eta_{13}$ , in Abhängigkeit von der Breite  $a$  des Wellenleiters 4a. Weiterhin zeigt dieses Diagramm den geometrisch bedingten Gesamtverlust  $\gamma_g$ , der sich ergibt

030045/0317

79 P 7 05 8 BRD

als

$$v_g = 1 - (\gamma_{12} + \gamma_{13}) .$$

Die Kurven im Diagramm gemäß der Fig.4 sind für Mantelfasern mit einem Kerndurchmesser von 100  $\mu$ m angegeben. Auf der Abszisse ist die Breite a in  $\mu$ m angegeben, die Werte für die Transmissions-Koeffizienten und den Gesamtverlust sind auf der Ordinate in % aufgetragen. Wie diesem Diagramm zu entnehmen ist, hat dieser erfindungsgemäße Koppler bei 3 dB-Auskopplung die kleinsten Einfügeverluste von etwa 4%.

Fig.5 zeigt wiederum einen Ein-Auskoppler mit einer ankommenden Mantelfaser 1, einer weiterführenden Mantelfaser 2 und einer abzweigenden Mantelfaser 3 entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig.1. Gleiche Teile sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. In Abweichung zum Ausführungsbeispiel gemäß der Fig.1 ist bei diesem Ausführungsbeispiel der Wellenleiter 4b durch eine Glasfaser 9 ersetzt. Der Wellenleiter 4 weist an der Stelle V einen Absatz auf. Zur Fixierung der Glasfaser 9 sind zusätzliche Anschläge 10 und 11 vorgesehen.

Die Fig.6 zeigt eine Erweiterung des Ausführungsbeispiels gemäß der Fig.1 zu einer Ein-Auskoppel-Struktur. Gleiche Teile sind wiederum mit gleichen Bezugszeichen versehen. In diesem erweiterten Ausführungsbeispiel ist zusätzlich eine Einkoppelfaser 12 vorgesehen - ebenfalls eine Mantelfaser mit einem Mantel 12' -, die durch einen weiteren planaren Wellenleiter 13 mit der weiterführenden Faser 2 in Verbindung steht. Auch die Höhe dieses Wellenleiters 13 ist gleich dem Kerndurchmesser der Mantelfasern. Auch dieser Wellenleiter 13 ist relativ zu den Mantelfasern so angehoben, daß sich seine Querschnittsflächen an den Koppelstellen mit den Kern-

030045/0317

flächen der Mantelfasern optimal überlappen. Wie diesem Ausführungsbeispiel zu entnehmen ist, können der Ein- bzw. der Auskoppelfaktor unabhängig voneinander vorgegeben werden.

3 Patentansprüche

6 Figuren

030045/0317

FIG 3a

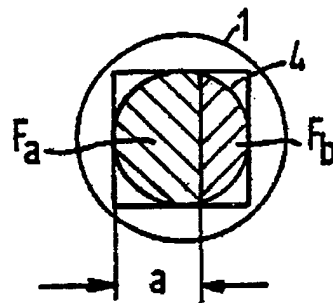


FIG 3b

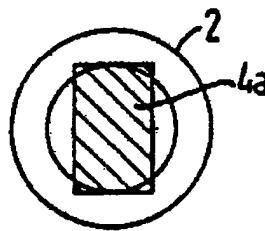


FIG 3c

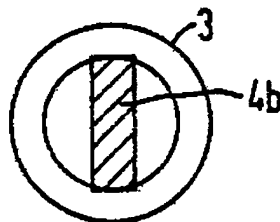


FIG 4

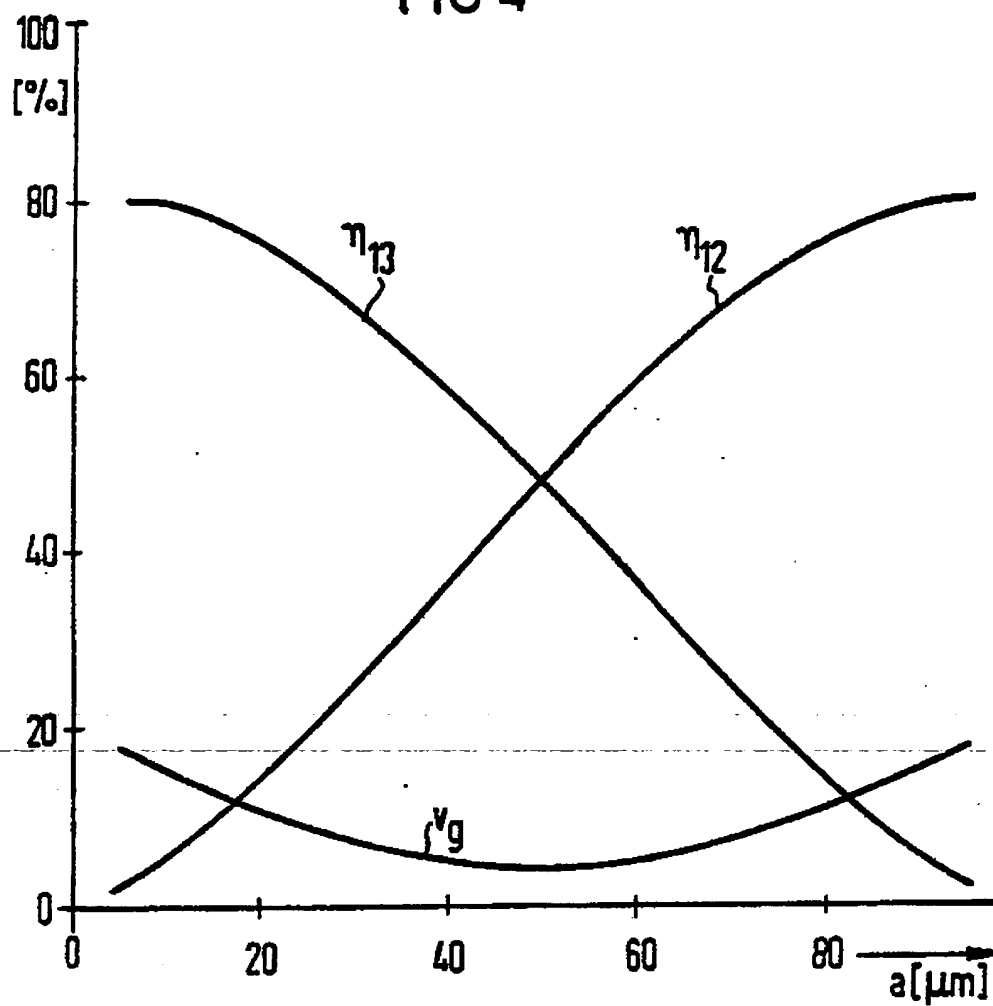


FIG 5

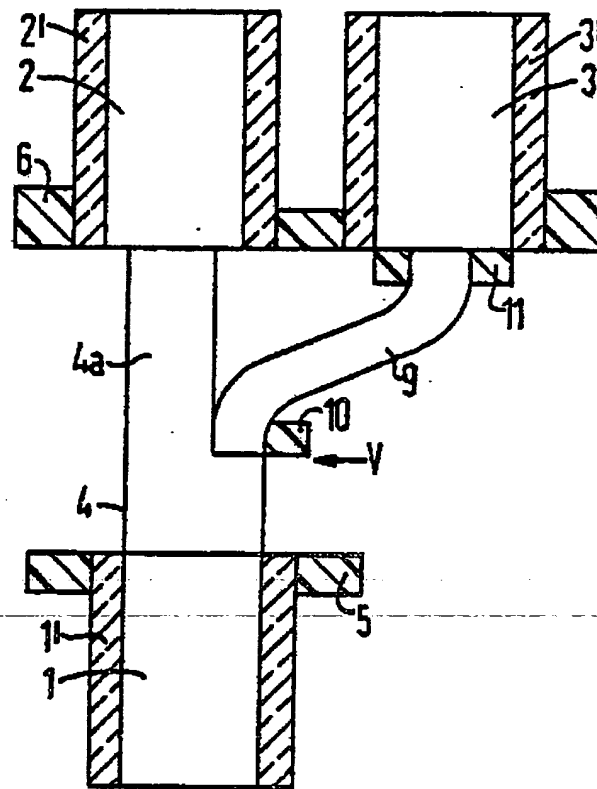


FIG 6

